



①9 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**  
⑩ **DE 43 02 991 A 1**

⑤1 Int. Cl.<sup>5</sup>:  
**C 01 G 53/00**  
C 01 G 41/00  
B 01 J 23/85  
C 07 C 57/055

⑳ Aktenzeichen: P 43 02 991.4  
㉔ Anmeldetag: 3. 2. 93  
㉓ Offenlegungstag: 4. 8. 94

DE 43 02 991 A 1

㉑ Anmelder:  
BASF AG, 67063 Ludwigshafen, DE

㉒ Erfinder:  
Tenten, Andreas, Dr., 6730 Neustadt, DE; Weidlich,  
Peter, Dr., 6800 Mannheim, DE

⑤4 Multimetallloxidmassen

⑤7 Multimetallloxidmassen, die als Grundbestandteile die Elemente Mo, V, W, Cu und Ni in oxidischer Form in bestimmten molaren Verhältnissen enthalten, sowie die Herstellung derartiger Multimetallloxidmassen und ihre Verwendung als Katalysatoren zur gasphasenkatalytischen Oxidation von Acrolein zu Acrylsäure.

DE 43 02 991 A 1

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

BUNDESDRUCKEREI 06. 94 408 031/311

6/35

## Beschreibung

Die vorliegende Erfindung betrifft Multimetalloxidmassen, die als Grundbestandteile die Elemente Mo, V, W, Cu und Ni in oxidischer Form mit der Maßgabe enthalten, daß zwischen den verschiedenen elementaren Konstituenten die nachfolgenden molaren Verhältnisse vorliegen:

Mo : V = 12 : 1 bis 2 : 1,  
 Mo : W = 60 : 1 bis 3 : 1,  
 Mo : Cu = 24 : 1 bis 2 : 1 und  
 Cu : Ni = 5 : 1 bis 1 : 3.

Außerdem betrifft die vorliegende Erfindung ein Verfahren zur Herstellung dieser Massen, sowie deren Verwendung.

Die EP-A 427 508, die DE-A 29 09 671, die DE-C 31 51 805 und die DE-AS 26 26 887 offenbaren Multimetalloxidmassen, die neben anderen Elementoxiden als Grundbestandteile die Elemente Mo, V, W und Cu in oxidischer Form enthalten. Beispielfhaft offenbart werden u. a. solche Multimetalloxidmassen, in denen die molaren Konstituentenverhältnisse Mo : V, Mo : W und Mo : Cu im erfindungsgemäß definierten Bereich liegen. Diese Multimetalloxidmassen werden u. a. als Katalysatoren für die katalytische Gasphasenoxidation von Acrolein zu Acrylsäure empfohlen.

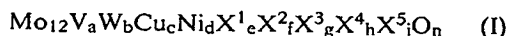
Hinsichtlich dieses Verwendungszwecks vermögen diese Multimetalloxidmassen jedoch in Bezug auf Aktivität und Selektivität der Acrylsäurebildung nicht voll zu befriedigen. Ferner weisen diese Multimetalloxidmassen bei dieser Verwendung ein ausgeprägtes Formierungsverhalten auf. D.h. bei Verwendung von frisch hergestellten Multimetalloxidmassen wächst die Selektivität (bei vorgegebenem Umsatz) der Acrylsäurebildung erst mit zunehmender Betriebsdauer auf ihren Endwert.

Die EP-A 235 760 offenbart als Katalysatoren zur gasphasenkatalytischen Oxidation von Acrolein zu Acrylsäure geeignete Multimetalloxidmassen, die neben den Elementen Mo, V, W und Cu als weiteren Grundbestandteil Ni in oxidischer Form enthalten. Nachteilig an diesen Multimetalloxidmassen ist jedoch, daß in ihnen das molare Verhältnis des elementaren Konstituenten Cu zum elementaren Konstituenten Ni unterhalb von 1 : 3 liegt, weshalb auch diese Multimetalloxidmassen bezüglich ihrer Verwendung zur katalytischen Gasphasenoxidation von Acrolein zu Acrylsäure nicht voll zu befriedigen vermögen.

Aufgabe der vorliegenden Erfindung war daher, Multimetalloxidmassen zur Verfügung zu stellen, die bei Verwendung als Katalysatoren für die gasphasenkatalytische Oxidation von Acrolein zu Acrylsäure besser zu befriedigen vermögen. Demgemäß wurden die eingangs definierten Massen gefunden.

Bevorzugt sind solche erfindungsgemäßen Multimetalloxidmassen, in denen das molare Verhältnis des elementaren Konstituenten Cu zum elementaren Konstituenten Ni 3 : 1 bis 1 : 2, besonders bevorzugt 2 : 1, beträgt.

Besonders vorteilhafte erfindungsgemäße Massen sind dabei solche, die der allgemeinen Summenformel I



in der die Variablen folgende Bedeutung haben:

X<sup>1</sup> ein oder mehrere Alkalimetalle,  
 X<sup>2</sup> ein oder mehrere Erdalkalimetalle,  
 X<sup>3</sup> Chrom, Mangan, Cer und/oder Niob,  
 X<sup>4</sup> Antimon und/oder Wismut,  
 X<sup>5</sup> Silicium, Aluminium, Titan und/oder Zirkonium,  
 a 1 bis 6,  
 b 0,2 bis 4,  
 c 0,5 bis 6,  
 d 0,2 bis 6, und c : d = 5 : 1 bis 1 : 3,  
 e 0 bis 2,  
 f 0 bis 3,  
 g 0 bis 5,  
 h 0 bis 40 und  
 i 0 bis 40,

entsprechen.

Unter diesen sind wiederum jene bevorzugt, bei denen die stöchiometrischen Koeffizienten e, f, g und h gleich 0 sind.

Die Herstellung der erfindungsgemäßen Massen erfolgt in an sich bekannter Weise in der Regel so, daß man aus geeigneten Ausgangsverbindungen, die die elementaren Katalysatorkonstituenten als Bestandteil enthalten, ein möglichst inniges Trockengemisch herstellt und dieses bei Temperaturen von 200 bis 500°C, vorzugsweise 300 bis 400°C, calciniert. Wesentlich ist nur, daß es sich bei den eingesetzten Ausgangsverbindungen entweder bereits um Oxide handelt, oder um solche Verbindungen, die durch Erhitzen, gegebenenfalls in Anwesenheit von Sauerstoff, in Oxide überführbar sind. Neben den Metalloxiden kommen daher als Ausgangsverbindungen vor allem Halogenide, Nitrate, Formiate, Acetate, Carbonate oder Hydroxide in Betracht. Geeignete Ausgangsverbindungen des Mo, W und V sind auch deren Molybdate, Wolframate und Vanadate bzw. die von diesen abgeleiteten Säuren.

Das innige Vermischen der Ausgangsverbindungen kann in trockener oder in nasser Form erfolgen. Erfolgt es in trockener Form, werden die Ausgangsverbindungen zweckmäßigerweise als feinteilige Pulver eingesetzt und nach dem Mischen z. B. zu Katalysatorkörpern gewünschter Geometrie verpreßt (z. B. tablettiert), die dann der Calcinierung unterworfen werden.

Vorzugsweise erfolgt das innige Vermischen jedoch in nasser Form. Üblicherweise werden die Ausgangsverbindungen dabei in Form einer wäßrigen Lösung oder Suspension miteinander vermischt. Anschließend wird die wäßrige Masse getrocknet und nach Trocknung calciniert.

Vorzugsweise erfolgt der Trocknungsprozeß unmittelbar im Anschluß an die Fertigstellung der wäßrigen Mischung und durch Sprühtrocknung (die Ausgangstemperaturen betragen in der Regel 100 bis 150°C). Das dabei anfallende Pulver kann unmittelbar durch Pressen geformt werden. Häufig erweist es sich jedoch für eine unmittelbare Weiterverarbeitung als zu feinteilig, weshalb es unter Zusatz von Wasser zweckmäßigerweise zunächst geknetet wird.

Die anfallende Knetmasse wird anschließend entweder zur gewünschten Katalysatorgeometrie geformt, getrocknet und dann der Calcinierung unterworfen (führt zu sogenannten Vollkatalysatoren) oder ungeformt calciniert und danach zu einem feinteiligen Pulver (üblicherweise  $< 80 \mu\text{m}$ ) vermahlen, welches normalerweise unter Zusatz einer geringen Menge Wasser sowie gegebenenfalls weiterer üblicher Bindemittel als Feuchtmasse auf inerte Trägerkörper aufgetragen wird. Nach beendeter Beschichtung wird nochmals getrocknet und so der einsatzfähige Schalenkatalysator erhalten. Prinzipiell kann das calcinierte Pulver aber auch als Pulverkatalysator eingesetzt werden.

Im Rahmen der wäßrigen Naßvermischung der Ausgangsverbindungen werden als Ausgangsverbindungen der Konstituenten Cu und Ni vorzugsweise in Wasser lösliche Kupfer- und Nickelsalze wie Nitrate oder Acetate eingesetzt, wobei die Verwendung der Acetate von besonderem Vorteil ist. Selbstverständlich können die Acetate auch im Rahmen des Vermischens in situ gebildet werden (z. B. durch Verwendung von Carbonaten als Ausgangsverbindungen und Zusatz von Essigsäure).

Im Fall vom Vollkatalysatoren beträgt der stöchiometrische Koeffizient  $i$  in der allgemeinen Summenformel I mit Vorteil 15 bis 40. Ansonsten weist  $i$  vorzugsweise den Wert 0 auf, da es sich bei den Oxiden des Konstituenten  $X^2$  um solche handelt, die im wesentlichen lediglich eine Verdünnung der Restmasse bedingen.

Erfolgt das Vermischen der Ausgangsverbindungen in Form einer wäßrigen Lösung, so können mit selbiger auch inerte poröse Trägerkörper getränkt, getrocknet und abschließend zu Trägerkatalysatoren calciniert werden. Vollkatalysatoren weisen vorzugsweise eine Hohlzylindern entsprechende Geometrie gemäß der DE-A 31 13 179 auf.

Bei Verwendung der erfindungsgemäßen Multimetallloxidmassen als Katalysatoren für die gasphasenkatalytische Oxidation von Acrolein zu Acrylsäure erfolgt deren Einsatz jedoch vorzugsweise in Form von Schalenkatalysatoren. Dabei können die üblichen Trägermaterialien wie poröse oder unporöse Aluminiumoxide, Siliciumdioxid, Thoriumdioxid, Zirkondioxid, Siliciumcarbid oder Silicate wie Magnesium- oder Aluminiumsilicat verwendet werden. Die Trägerkörper können regelmäßig oder unregelmäßig geformt sein, wobei regelmäßig geformte Trägerkörper mit deutlich ausgebildeter Oberflächenrauigkeit, z. B. Kugeln oder Hohlzylinder, bevorzugt werden. Unter diesen sind wiederum Kugeln besonders vorteilhaft. Ganz besonders vorteilhaft ist die Verwendung von im wesentlichen unporösen, oberflächenrauen kugelförmigen Trägern aus Steatit, deren Durchmesser 1 bis 6 mm, bevorzugt 4 bis 5 mm beträgt. Die Schichtdicke der Aktivmasse wird zweckmäßigerweise als im Bereich 50 bis 500  $\mu\text{m}$ , bevorzugt im Bereich 150 bis 250  $\mu\text{m}$  liegend, gewählt. Es sei an dieser Stelle darauf hingewiesen, daß bei der Herstellung von Schalenkatalysatoren das Beschichten der Trägerkörper auch vor der Calcinierung, d. h. z. B. mit dem befeuchteten Sprühpulver, erfolgen kann.

Die Calcinierung der die Ausgangsverbindungen in inniger Mischung enthaltenden Trockenmasse erfolgt ganz generell mit Vorteil in einem mit Luft beschickten Drehrohrföfen.

Die Beschichtung der Trägerkörper wird zur Herstellung der Schalenkatalysatoren in der Regel in einem geeigneten drehbaren Behälter ausgeführt, wie er z. B. aus der DE-A 29 09 671 oder aus der EP-A 293 859 vorbekannt ist.

Mit Vorteil werden die Ausgangsverbindungen, das Beschichtungsverfahren sowie die Calcinierungsbedingungen gemäß der EP-A 293 859 in an sich bekannter Weise so gewählt, daß die resultierenden Multimetallloxidaktivmassen eine spezifische Oberfläche von 0,50 bis 150  $\text{m}^2/\text{g}$ , ein spezifisches Porenvolumen von 0,10 bis 0,90  $\text{cm}^3/\text{g}$  und eine solche Porendurchmesser-Verteilung aufweisen, daß auf die Durchmesserbereiche 0,1 bis  $< 1 \mu\text{m}$ , 1,0 bis  $< 10 \mu\text{m}$  und 10  $\mu\text{m}$  bis 100  $\mu\text{m}$  jeweils wenigstens 10% des Porengesamtvolumens entfallen. Vorzugsweise werden die in der EP-A 293 859 als bevorzugt genannten Porendurchmesser-Verteilungen eingestellt.

Die erfindungsgemäßen Multimetallloxidmassen eignen sich insbesondere als Katalysatoren mit erhöhter Aktivität und Selektivität für die gasphasenkatalytische Oxidation von Acrolein zu Acrylsäure. Als Acrolein wird dabei vorzugsweise das Reaktionsprodukt einer entsprechenden katalytischen Gasphasenoxidation des Propens eingesetzt. Üblicherweise wird die gasphasenkatalytische Oxidation des Acroleins in Rohrbündelreaktoren als heterogene Festbettoxidation ausgeführt. Als Oxidationsmittel wird in an sich bekannter Weise Sauerstoff, zweckmäßigerweise mit inerten Gasen verdünnt, eingesetzt. Geeignete Inertgase sind z. B.  $\text{N}_2$  und/oder Wasserdampf. Reaktionstemperatur und Reaktionsdruck sind dem Fachmann bekannt (vgl. DE-A 41 32 263). Bemerkenswerterweise weisen die erfindungsgemäßen Multimetallloxidkatalysatoren bezüglich der Selektivität der Acrylsäurebildung auch eine reduzierte Formierungszeit auf; d. h., wird ein mit den erfindungsgemäßen Massen beschickter Rohrbündelreaktor unter dem Fachmann an sich bekannten Bedingungen mit einem Acrolein enthaltenden Gasstrom zum Zwecke der oxidativen Bildung von Acrylsäure betrieben, so wächst die Selektivität der Acrylsäurebildung bereits innerhalb einer reduzierten Betriebsdauer auf den maximalen Plateauwert an.

Die erfindungsgemäßen Multimetallloxidmassen eignen sich aber auch zur gasphasenkatalytischen Oxidation

anderer organischer Verbindungen wie Alkane, Alkanole, Alkanale, Alkene und anderer Alkenale zu olefinisch ungesättigten Aldehyden und/oder Carbonsäuren, sowie den entsprechenden Nitrilen (Ammonoxidation, z. B. Propen zu Acrylnitril und 2-Methylpropen bzw. tert-Butanol zu Methacrylnitril). Die Anzahl der C-Atome besagter organischer Verbindungen liegt normalerweise im Bereich von 3 bis 6 C-Atomen, vorzugsweise beträgt die Anzahl der C-Atome 3 oder 4.

### Beispiele

#### a) Allgemeine Herstellvorschrift für Multimetalloxidmassen

Als Vergleichsbeispiel wurde eine katalytisch aktive Masse VI der Zusammensetzung  $\text{Mo}_{12}\text{V}_3\text{W}_{1,2}\text{Cu}_{2,4}\text{O}_x$  wie folgt hergestellt:

190 g Kupfer(II)acetatmonohydrat wurden in 2.700 g Wasser zu einer Lösung I gelöst. In 5.500 g Wasser wurden bei 95°C nacheinander 860 g Ammoniumheptamolybdatetetrahydrat, 143 g Ammoniummetavanadat und 126 g Ammoniumparawolframatetetrahydrat zu einer Lösung II gelöst. Anschließend wurde die Lösung I auf einmal in die Lösung II eingerührt und das wäßrige Gemisch bei einer Austrittstemperatur von 110°C sprühtrocknet. Danach wurde das Sprühpulver je kg Pulver mit 0,15 kg Wasser verknetet. Die Knetmasse wurde in einem mit Luft beschickten Drehrohrofen innerhalb von 3 h auf 400°C aufgeheizt und anschließend 5 h bei 400°C calciniert. Das calcinierte, katalytisch aktive Material wurde auf Teilchendurchmesser von 0,1 bis 50 µm gemahlen.

In völlig entsprechender Weise wurden Multimetalloxidpulver der nachfolgenden Zusammensetzungen hergestellt (Ni wird als Nickel(II)acetattetrahydrat eingesetzt):

$\text{Mo}_{12}\text{V}_3\text{W}_{1,2}\text{Cu}_{1,6}\text{Ni}_{0,8}\text{O}_x$  (B1)

$\text{Mo}_{12}\text{V}_3\text{W}_{1,2}\text{Cu}_{0,8}\text{Ni}_{1,6}\text{O}_x$  (B2)

$\text{Mo}_{12}\text{V}_3\text{W}_{1,2}\text{Ni}_{2,4}\text{O}_x$  (V2)

$\text{Mo}_{12}\text{V}_3\text{W}_{1,2}\text{Cu}_{2,0}\text{Ni}_{0,4}\text{O}_x$  (B3)

$\text{Mo}_{12}\text{V}_3\text{W}_{1,2}\text{Cu}_{2,4}\text{Ni}_{0,8}\text{O}_x$  (B4)

$\text{Mo}_{12}\text{V}_3\text{W}_{1,2}\text{Cu}_{1,6}\text{O}_x$  (V3)

$\text{Mo}_{12}\text{V}_3\text{W}_{1,2}\text{Cu}_{0,4}\text{Ni}_{2,0}\text{O}_x$  (V4).

#### b) Herstellung von Schalenkatalysatoren

Mit den in a) erhaltenen Aktivmassenpulvern wurden in einer Drehtrommel unporöse, oberflächenraue Steatitkugeln eines Durchmessers von 4 bis 5 mm in einer Menge von 50 g Pulver je 200 g Steatitkugeln bei gleichzeitigem Zusatz von 18 g Wasser beschichtet. Anschließend wurde mit 110°C heißer Luft getrocknet.

#### c) Gasphasenoxidation von Acrolein

Ein Reaktionsrohr (V2A, 2 mm Wandstärke) eines freien Durchmessers von 25 mm wurde jeweils mit 1 l eines Gemisches bestehend aus den in b) erhaltenen Schalenkatalysatoren und diese verdünnendes Inertmaterial befüllt und mit einem Salzbad beheizt. Dann wurde es mit 2.300 NI/h einer Gasmischung der Zusammensetzung 5 Vol.-% Acrolein, 7 Vol.-% Sauerstoff, 10 Vol.-% Wasserdampf und als Restmenge Stickstoff, beschickt.

Die Salzbadtemperatur wurde in allen Fällen so eingestellt, daß bei einfachem Durchgang eine Acroleinumwandlung von ca. 99 mol.-% resultierte. Die diesbezüglich als Funktion des jeweils eingesetzten Schalenkatalysators nach dreiwöchiger Betriebsdauer erforderlichen Salzbadtemperaturen (Maß für die Aktivität; geringere Salzbadtemperaturen weisen erhöhte Aktivitäten aus) sowie die resultierenden Selektivitäten (bezogen auf gebildete Acrylsäure) zeigt die Tabelle. Sie enthält ebenfalls die bezüglich der Acrylsäureselektivität bestimmten Formierungszeiten.

Tabelle

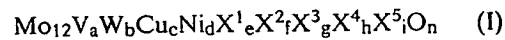
Katalysator	Acroleinumwandlung [mol-%]	Salzbadtemperatur [°C]	Selektivität [mol-%]	Formierungszeit [Tage]
V1	99,1	275	95,0	10
B1	99,0	264	96,2	2
B2	98,9	265	95,8	3
V2	98,2	283	94,3	3
B3	99,1	267	95,7	3
B4	98,9	265	95,6	4
V3	99,0	267	95,3	8
V4	98,5	279	94,5	3

## Patentansprüche

1. Multimetalloxidmassen, die als Grundbestandteile die Elemente Mo, V, W, Cu und Ni in oxidischer Form mit der Maßgabe enthalten, daß zwischen den verschiedenen elementaren Konstituenten die nachfolgenden molaren Verhältnisse vorliegen:

Mo : V = 12 : 1 bis 2 : 1,  
 Mo : W = 60 : 1 bis 3 : 1  
 Mo : Cu = 24 : 1 bis 2 : 1 und  
 Cu : Ni = 5 : 1 bis 1 : 3.

2. Multimetalloxidmassen nach Anspruch 1, die der allgemeinen Summenformel I



in der die Variablen folgende Bedeutung haben:

X<sup>1</sup> ein oder mehrere Alkalimetalle,  
 X<sup>2</sup> ein oder mehrere Erdalkalimetalle,  
 X<sup>3</sup> Chrom, Mangan, Cer und/oder Niob,  
 X<sup>4</sup> Antimon und/oder Wismut,  
 X<sup>5</sup> Silicium, Aluminium, Titan und/oder Zirkonium,  
 a 1 bis 6,  
 b 0,2 bis 4,  
 c 0,5 bis 6,  
 d 0,2 bis 6, und c : d = 5 : 1 bis 1 : 3,  
 e 0 bis 2,  
 f 0 bis 3,  
 g 0 bis 5,  
 h 0 bis 40 und  
 i 0 bis 40,

entsprechen.

3. Verwendung von Multimetalloxidmassen gemäß Anspruch 1 als Katalysator zur gasphasenkatalytischen Oxidation von Acrolein zu Acrylsäure.

4. Verfahren zur Herstellung von Multimetalloxidmassen gemäß Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß man aus die elementaren Multimetalloxidkonstituenten als Bestandteil enthaltenden Ausgangsverbindungen ein inniges Trockengemisch erzeugt und dieses bei Temperaturen von 200 bis 500° C calciniert.

- Leerseite -